

# Надежность цифровых систем и каналов передачи информации

1

## Основные понятия

*Надежность системы* – характеристика способности программного, аппаратного, аппаратно-программного средства выполнить при определенных условиях требуемые функции в течение определенного периода времени.

*Достоверность работы* системы (устройства) – свойство, характеризующее **истинность** конечного (выходного) результата работы (выполнения программы), определяемое способностью средств контроля фиксировать правильность или ошибочность работы.

*Ошибка* устройства – неправильное значение сигнала (бита – в цифровом устройстве) на внешних выходах устройства или отдельного его узла, вызванное технической неисправностью или воздействующими на него помехами (преднамеренными либо непреднамеренными).

*Ошибка* программы – проявляется в не соответствующем реальному (требуемому) промежуточному или конечному значению (результату) вследствие неправильно запрограммированного алгоритма или неправильно составленной программы.

- Цифровые системы и устройства (в том числе, компьютеры и компьютерные системы, отдельные блоки и модули компьютеров - полупроводниковая, магнитная или оптическая память) содержат специальные средства, призванные **автоматически восстанавливать работоспособность этих объектов при нарушении нормального функционирования.**
- Такие специальные средства контроля называются избыточными.

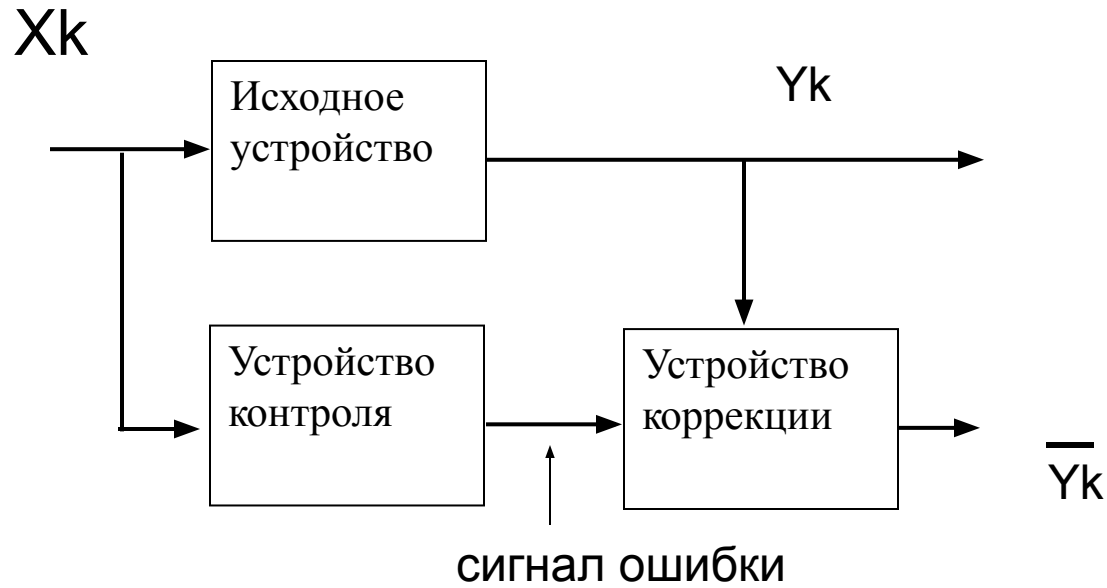


Рис.1. Структурная схема устройства с избыточностью для коррекции ошибок

Возможные состояния анализируемой ИВС (рис.1) можно охарактеризовать следующим образом:

- исходное устройство **действительно работает правильно** ( $X_k = Y_k$ ) в течение периода времени  $t$ ; вероятность такого события обозначим  **$P_{пр}(t)$** ,
- исходное устройство **работает с ошибкой** ( $X_k \neq Y_k$ ), о чем свидетельствует сигнал ошибки; вероятность события (правильное обнаружение) –  **$P_{по}(t)$** ,
- исходное устройство **работает неправильно**, однако это состояние устройством контроля не обнаруживается ( $X_k \neq Y_k$ ) пропуск, необнаружение ошибки); соответствующая вероятность –  **$P_{но}(t)$** ,
- исходное устройство **работает правильно** ( $X_k = Y_k$ ), **однако устройство контроля выдает информацию об ошибке** (состояние ложной тревоги), причиной чего может быть недостоверное функционирование самого устройства контроля; вероятность такого события обозначим  **$P_{лт}(t)$** .

Все перечисленные события образуют полную группу событий, описываемую следующим вероятностным соотношением:

$$P_{пр}(t) + P_{по}(t) + P_{но}(t) + P_{лт}(t) = 1. \quad (1)$$

- **1) Вероятностью безотказной работы** называют вероятность того, что изделие (система, устройство, ПО) будет работоспособно в течение заданной наработки при заданных условиях эксплуатации:

$$P(t) = P(T_0 \geq t).$$

**$T_0$**  – ВРЕМЯ ДО ПОЯВЛЕНИЯ ОТКАЗА,  **$t$**  - время наблюдения (наработки)

Если принять, что  **$N_c$**  соответствует суммарному числу изделий (объектов), из которых  **$N_o$**  за время наблюдения  **$t$**  отказали (стали дефектными), то при достаточно большом числе  **$N_c$**  вероятность может быть определена как

$$P(t) = (N_c - N_o) / N_c. \quad (2)$$

**Данная вероятность соответствует вероятности  $P_{пр}(t)$**

Пример 1 При  $N_c = 1000$  и  $N_o = 6$  определить вероятностью безотказной работы.

Решение.  $P(t) = (N_c - N_o) / N_c = (1000 - 6) / 1000 = 0,994$ .

Пример 2. В течение фиксированного времени (например,  $t=1$  час) по каналам связи осуществлялась передача двоичной информации между двумя компьютерами со скоростью  $S = 10$  Кбит/с. За время передачи 1000 символов приняты с ошибками. Определить вероятность того, что произвольный двоичный символ при передаче по тому же каналу будет принят правильно.

Решение. Если принять, что  $N_c = S * t = 10\ 000$  бит/с \* 3 600 с =  $36 * 10^6$  бит, а  $N_o = 1000$ , то искомая вероятность вычисляется как  $(36 * 10^6 - 1000) / 36 * 10^6 = 35\ 999\ 000 / 36\ 000\ 000 = 0,99997$ .

2) Вероятность отказа  $Q(t)$  есть вероятность того, что при заданных условиях эксплуатации в течение заданной наработки произойдет хотя бы один отказ, то есть

$$Q(t) = P(T_0 < t).$$

Ясно, что  $Q(t) = 1 - P(t)$ . (3)

Пример 3. Из примера 1 определить вероятность отказа компьютера за фиксированное время (сформулируйте задание на испытания).

Пример 4. Из примера 2 определить вероятность приема бита с ошибкой.

- 3) **Интенсивность отказов**,  $\lambda(t)$  есть плотность распределения наработки до первого отказа при условии, что отказавший объект до рассматриваемого момента времени работал безотказно. Согласно вероятностному определению

$$\lambda(t) = - \ln P(t) \text{ и } P(t) = \exp \left( - \int \lambda(x) dx \right).$$

По статистическому определению интенсивность отказов есть отношение числа отказавших (в единицу времени) объектов наблюдения к среднему числу работоспособных на рассматриваемом отрезке времени объектов.

Если за такой отрезок времени принять 1 час, то по условиям примеров 1-2 получаем  $\lambda(t) = 1000 \text{ ч}^{-1}$ .

Как видим, между тремя рассмотренными количественными характеристиками надежности ( $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $\lambda(t)$ ) существует однозначная связь. Достаточно задать одну из них, чтобы определить остальные.



# Методы повышения аппаратной надежности

- Основа методов – избыточность.

Будем различать *структурную, временную, информационную* избыточность либо их комбинации

## 1) Структурная избыточность - резервирование

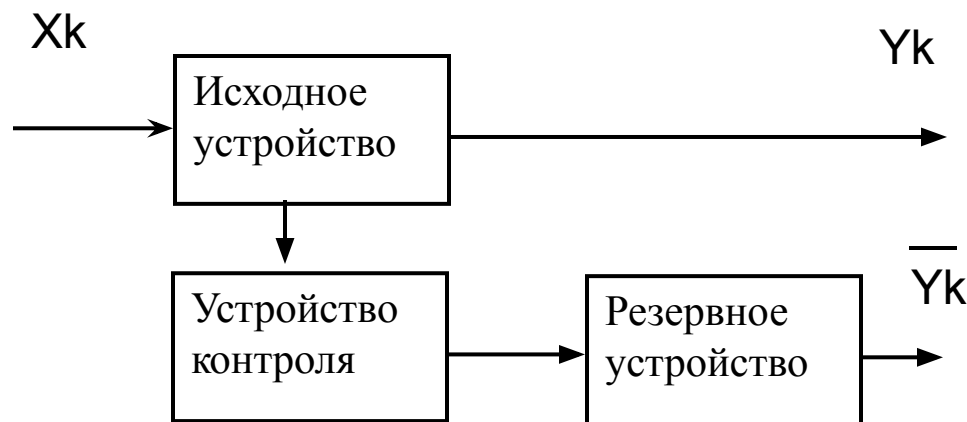


Рис.2. Обобщенная структурная схема системы с «холодным» резервом

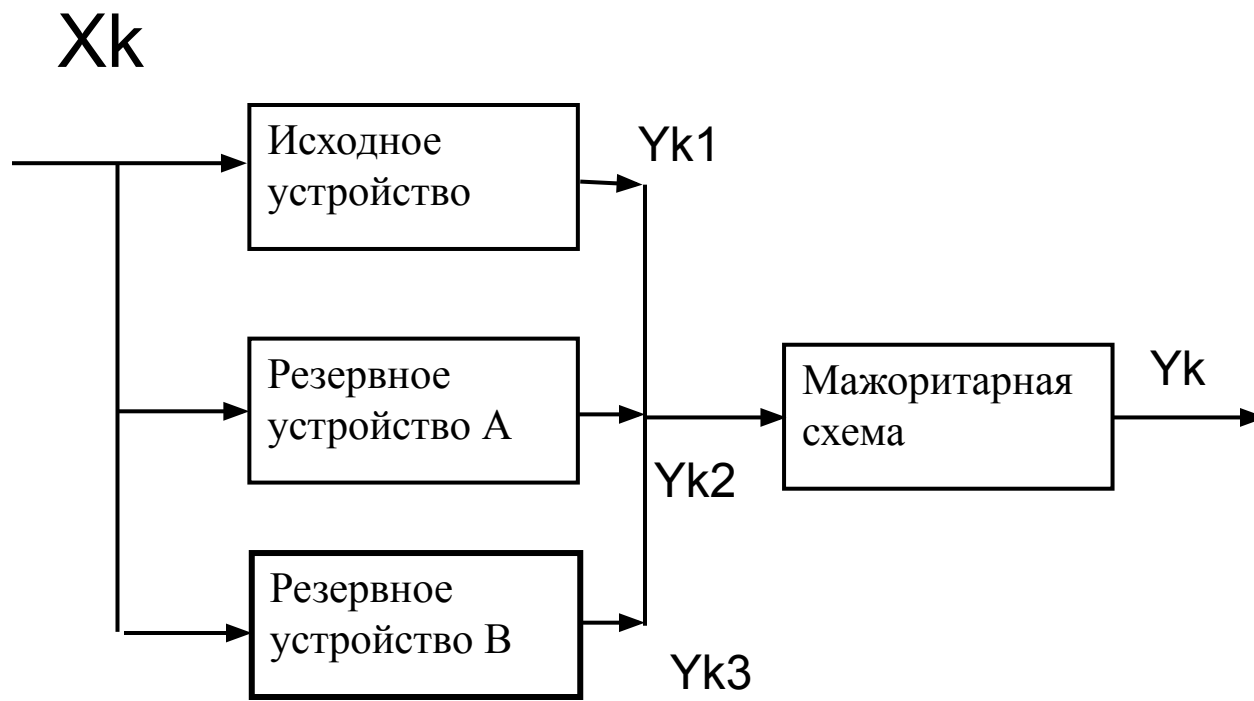


Рис.3. Обобщенная структурная схема системы с резервированием на основе мажоритарного способа определения выходного сигнала

- Суть метода состоит в преобразовании исходного информационного сообщения  $X_k$  ( $k$  – длина сообщения), называемого также *информационным словом*. К слову  $X_k$  дополнительно присоединяют (наиболее часто – по принципу конкатенации) избыточные символы длиной  $r$  бит, составляющие *избыточное слово*  $X_r$ .

Таким образом формируют *кодированное слово*  $X_n$  длиной  $n=k+r$  двоичных символов:  $X_n = X_k X_r$ .

Информацию содержит только информационное слово. Назначение избыточности  $X_r$  – обнаружение и исправление ошибок.